

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**  
**«ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ НА**  
**ПЛАТФОРМЕ ANYLOGIC»**

Выпускная квалификационная работа бакалавра  
по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение  
(по отраслям)  
профилю подготовки «Информатика и вычислительная техника»  
специализации «Компьютерные технологии»

Идентификационный номер ВКР:611

Екатеринбург 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра информационных систем и технологий

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ  
Заведующая кафедрой ИС  
\_\_\_\_\_ Н. С. Толстова

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
«ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ НА  
ПЛАТФОРМЕ ANYLOGIC»**

Исполнитель:

обучающаяся группы: ЗКТ-401С

А. А. Халиуллина

Руководитель:

канд. пед. наук, доцент.

И. А. Сулова

Нормоконтролер:

Н. В. Хохлова

## АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа состоит из лабораторного практикума и пояснительной записки на 60 страницах, содержащей 18 рисунков, 30 источников литературы и 1 приложение на 1 странице.

Ключевые слова: ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ, ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, МОДЕЛЬ, ANYLOGIC.

**Халиуллина, А. А.** Лабораторный практикум «Имитационное моделирование систем на платформе AnyLogic»: выпускная квалификационная работа / А. А. Халиуллина; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т инж.-пед. образования, Каф информ. систем и технологий. — Екатеринбург, 2017. — 60 с.

В работе рассмотрены вопросы поэтапной разработки имитационных моделей на платформе AnyLogic.

Целью работы является разработка лабораторного практикума «Имитационное моделирование систем на платформе AnyLogic». Для достижения цели были проанализированы современные тенденции в имитационном моделировании систем; проанализированы федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика и по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям) (уровень бакалавриата) с целью определения места и объема рассматриваемой темы в учебном процессе; проанализированы требования, предъявляемые к составлению электронных учебных пособий, с целью формирования педагогически обоснованных критериев; реализован лабораторный практикум и разработаны инструкции по его использованию для преподавателей и обучающихся.

AnyLogic — первый и единственный инструмент, который предлагает возможность многоподходного имитационного моделирования.

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1 Анализ литературы по теме «Имитационное моделирование систем на платформе Anylogic» .....	6
1.1 Анализ литературы и интернет-источников .....	6
1.1.1 Анализ литературы .....	6
1.1.2 Анализ интернет-источников .....	10
1.2 Обзор государственных образовательных стандартов и рабочих программ .....	14
1.3 Общие требования по созданию электронного учебного пособия .....	19
1.4 Описание общих подходов к трактовке понятия «Имитационное моделирование» .....	26
2 Характеристика лабораторного практикума «Имитационное моделирование систем на платформе Anylogic» .....	34
2.1 Проект лабораторного практикума .....	34
2.2 Описание продукта .....	35
2.2.1 Общая характеристика .....	35
2.2.2 Описание наполнения лабораторного практикума .....	37
2.2.3 Описание раздела «Справочник» .....	46
2.2.4 Описание раздела «Контроль» .....	47
2.2.5 Описание блока навигации .....	47
2.3 Инструкции по использованию лабораторного практикума .....	49
2.3.1 Инструкции по использованию лабораторного практикума для преподавателя .....	49
2.3.2 Инструкции по использованию лабораторного практикума для обучаемого .....	50
Заключение .....	53
Список использованных источников .....	56
Приложение .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день сфера образования столкнулась с такой проблемой, как отсутствие учебников и учебных пособий, которые могли бы осветить вопросы, касающиеся инструментов имитационного моделирования. Поэтому возникает необходимость в создании учебного комплекса, содержащего как теоретический материал, так и практические задания.

Одним из направлений современного этапа информатизации образования является разработка и внедрение в образовательный процесс электронных информационно-образовательных ресурсов, в том числе электронных учебников и пособий, которые должны улучшить методическое обеспечение учебного процесса, что, безусловно, повлияет на качество подготовки специалистов.

При более детальном рассмотрении можно выявить ряд значительных преимуществ электронного учебника перед традиционным (печатным), одним из которых является наглядность, т.к. в электронном учебнике она выше, чем в печатном, что обеспечивается использованием мультимедийных технологий: анимации, звукового сопровождения, гиперссылок, видеосюжетов.

Также стоит отметить, что электронная версия учебного пособия является более мобильной, тем самым позволяя легко расширить ее тираж (возможность переслать по сети), если учебник пользуется спросом.

При сравнении печатного учебника и электронного необходимо заострить внимание на том, что второй вариант является более доступным, в процессе эксплуатации его можно корректировать, дополнять, модифицировать.

Актуальность выпускной квалификационной работы состоит в том, что на данный момент есть необходимость обучения специалистов в области имитационного моделирования, но отсутствуют средства, с помощью которых можно было бы осуществить этот процесс.

**Объектом** исследования является процесс обучения имитационному моделированию.

**Предметом** исследования являются учебные материалы «Имитационное моделирование систем на платформе AnyLogic».

**Цель** настоящего исследования — разработать лабораторный практикум «Имитационное моделирование систем на платформе AnyLogic».

В соответствии с поставленной целью поставлены следующие **задачи**:

1. Проанализировать федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика и по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям) (уровень бакалавриата) с целью определения места и объема рассматриваемой темы в учебном процессе.
2. Проанализировать требования, предъявляемые к составлению электронных учебных пособий, с целью формирования педагогически обоснованных критериев.
3. Проанализировать различные источники по созданию моделей в среде AnyLogic, с целью отбора и компоновки учебного материала для наполнения лабораторных работ.
4. Реализовать лабораторный практикум и разработать инструкции по его использованию для преподавателей и обучающихся.

# **1 АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ «ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ НА ПЛАТФОРМЕ ANYLOGIC»**

## **1.1 Анализ литературы и интернет-источников**

### **1.1.1 Анализ литературы**

Моделирование является общепризнанным средством познания действительности. Этот процесс состоит из двух больших этапов: разработки модели и анализа разработанной модели. Моделирование позволяет исследовать суть сложных процессов и явлений с помощью экспериментов не с реальной системой, а с ее моделью. Известно, что для принятия разумного решения по организации работы системы не обязательно знание всех характеристик системы, всегда достаточен анализ ее упрощенного, приближенного представления.

В области создания новых систем моделирования является средством исследования важных характеристик будущей системы на самых ранних стадиях ее разработки. С помощью моделирования возможно исследовать узкие места будущей системы, оценить производительность, стоимость, пропускную способность — все главные ее характеристики еще до того, как система будет создана [10].

В книге «Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5» [10] описано большинство понятий, используемых в моделировании. Автор пишет об основных видах моделей, а также основные этапы создания моделей.

Моделирование состоит из трех этапов, на которых от разработчика модели требуются как формальные, так неформальные умения. Первый этап — анализ реального явления и построение его упрощенной модели, второй этап — анализ построенной модели формальными средствами (напри-

мер, с помощью компьютера), и на третьем этапе выполняется интерпретация результатов, полученных на модели, в терминах реального явления. Первый и третий этапы не могут быть формализованы, их выполнение требует интуиции, творческого воображения и понимания сути изучаемого явления, т.е. качеств, присущих работникам искусства.

Технический прогресс сделал происходящие в экономике и обществе изменения быстрыми и интенсивными, вовлек в эти процессы большое количество взаимодействующих участников. В подобных условиях привычные методы анализа и прогнозирования оказываются трудноприменимыми. Обычная электронная таблица или график вряд ли помогут корректно оценить ситуацию, допущенная же в процессе такого анализа погрешность может привести к утрате значительных капиталовложений.

Имитационное моделирование применяется в ситуациях, когда необходимо найти оптимальное решение для успешного функционирования комплексной системы со сложными взаимосвязями и большим количеством используемых технологий. Простейший пример такой задачи — оптимизация работы склада.

Для определения оптимальных параметров склада разрабатывается модель, детально описывающая его структуру, топологию, оснащенность оборудованием, техникой. На втором этапе задаются бизнес-процессы, определяющие работу склада: что, когда и с использованием какой техники делает персонал при выполнении различных операций. Затем устанавливаются графики прихода товаров и поступления заказов на склад с указанием времени, объема, номенклатуры.

В ходе работы модели собирается и отображается подробная статистика о функционировании склада, например, о коэффициентах использования ресурсов и времени, потраченном на выполнение операций.

На основе полученной статистики и в процессе экспериментов с моделью вырабатывается рациональное решение [16].



Известно, что большую роль в имитационных моделях играет фактор времени. По определению имитационное моделирование является методом исследования динамических систем, в котором реальный объект (система) заменяется имитационной моделью. Процесс моделирования сопровождается отображением реального объекта (системы) в модель, которая выполняется, изменяя свое состояние с течением времени, причём время необратимо, оно не замедляется и не ускоряется. Состояние системы определяется состоянием её элементов, а каждый элемент обладает набором свойств (характеристик). Более подробно о разновидностях времени говорится в «Лекции 2. Управление временем в распределенных системах имитации» в Специальном курсе для магистров второго курса [22].

Многие пользователи, искренне желая применить компьютерное моделирование в своей практической деятельности, сталкиваются с серьезными трудностями при освоении и использовании современных программных средств. Для работы с ними все еще требуются знания, не относящиеся непосредственно к моделированию, а проведение вычислительного эксперимента остается кропотливой и многотрудной работой. В то же время типовых задач моделирования не так уж и много, и для них можно создать удобный и понятный интерфейс в рамках одного, «универсального» пакета.

Выделение типовых задач и создание для них удобного входного языка и инструментов анализа расширит круг пользователей и одновременно позволит сформулировать требования к структуре «универсального» пакета и функциональному назначению его блоков. Опыт многих областей показывает, что надо разрабатывать и использовать стандартизованные, совместимые модули, и на их основе создавать уникальные продукты.

Преимущество стандартизованных блоков и согласованных интерфейсов очевидно при переходе к «массовому» производству компьютерных моделей.

Авторы статьи «Компьютерное моделирование в научных исследованиях и образовании» [12] предлагают классификацию типовых задач и анализ

существующих программных средств, которые наиболее приспособлены для решения каждого конкретного типа, также дается возможность сравнить между собой различные современные технологии моделирования.

Создание прототипа универсального пакета из стандартных модулей, ориентированного на пользователя, не являющегося специалистом в области программирования и численного моделирования, должно привести к тому, что компьютерное моделирование действительно станет инструментом научного работника, инженера и преподавателя.

Ю. Колесов и Ю. Сениченков [12] выделяют изолированные и открытые системы, а также предлагают учитывать является ли модель однокомпонентной или многокомпонентной. Такая классификация возникла потому, что для моделей различных типов существуют различия в технологии моделирования.

Авторы статьи сравнивают различные характеристики инструментов моделирования, уделяя внимание наиболее подходящему для создания конкретной имитационной модели.

В работе рассмотрены такие пакеты, как AnyLogic, Simulink, Dymola, ModelVisionStudium.

Количество универсальных существующих и разрабатываемых пакетов для моделирования все увеличивается. Это можно считать показателем того, что имитационное моделирование является востребованной областью вычислительного эксперимента.

«Идеальный» универсальный пакет моделирования, по мнению Ю. Колесова и Ю. Сениченкова [12] должен:

- поддерживать все типовые модели (таких пакетов в настоящее время нет);
- не просто поддерживать типовые модели, а поддерживать на естественном для данной типовой модели входном языке;
- обеспечивать проведение активно-вычислительного эксперимента;

- создаваться на принципах объектно-ориентированного моделирования;
- в современных условиях такой пакет может быть разработан только как открытый программный продукт из типовых модулей, прототипы которых уже существуют.

### **1.1.2 Анализ интернет-источников**

В книге Ю Карпова «Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5» [10] описываются десятки законченных примеров имитационных моделей из самых различных областей. Для каждой модели приводится постановка проблемы, обсуждается ее структура, подробно разбирается реализация в среде AnyLogic. Все модели, описываемые в книге, являются действующими, читатель может повторить каждый шаг процесса их разработки на своем компьютере, запустить любую модель на выполнение, провести ее анализ и модификацию. Книга предназначена для тех, кто хочет освоить имитационное моделирование для оценки принимаемых решений, как с точки зрения методологии, так и практически. Имитационное моделирование — это разработка компьютерных моделей и постановка экспериментов на них. Целью моделирования, в конечном счете, является принятие адекватных (т.е. обоснованных, целесообразных и реализуемых) управленческих решений.

В данной книге описаны основные концепции и проблемы имитационного моделирования с демонстрацией построения моделей с помощью инструментальной системы AnyLogic. Программный инструмент AnyLogic — продукт нового поколения для разработки и исследования имитационных моделей.

Автор рассматривает десятки законченных примеров имитационных моделей из самых различных областей, начиная от простейших до достаточно сложных. Для каждой модели приводится подробная постановка пробле-

мы, обсуждается структура модели, разбирается сама модель в среде AnyLogic. Все модели, описываемы в книге, являются работающими, читатель может повторить все шаги разработки модели на своем компьютере, запустить каждую модель на выполнение, провести ее анализ и модификацию. Именно таким образом можно не только теоретически, но и практически освоить уникальную и полезную область — имитационное моделирование систем.

На официальном сайте компании-разработчика AnyLogicобщество с открытой ответственностью (ООО) «Экс ДжейТекнолоджис» (XJ Technologies) [16] можно найти всю необходимую информацию относительно характеристик, возможностей, применения и отличительных черт программного продукта.

Также там содержится информация об истории развития самой компании и разработанной ими среды моделирования AnyLogic.

ООО «Экс ДжейТекнолоджис» — одна из ведущих компаний в области инструментов и бизнес-приложений имитационного моделирования в мире и абсолютный лидер в России. XJ Technologies разработала, вывела на рынок и совершенствует AnyLogic— инструмент имитационного моделирования нового поколения, объединивший подходы системной динамики, «процессного» дискретно-событийного и агентного моделирования. AnyLogic— это выбор тысяч пользователей по всему миру, сотенкоммерческих организаций и сотен университетов. Количество клиентов постоянно растёт как за счёт миграции с других продуктов, так и за счёт расширения рынка: AnyLogic делает имитационное моделирование применимым там, где раньше это казалось невозможным. AnyLogic стал корпоративным стандартом на бизнес-моделирование во многих транснациональных компаниях.

Помимо продукта AnyLogic, XJ Technologies предлагает высокопрофессиональные консалтинговые услуги. Оказывая техническую поддержку тысячам пользователей AnyLogic в течение многих лет, компания накопила великолепную базу знаний по бизнес-приложениям имитационного модели-

рования, которая является основой предлагаемых решений. Разработанные системы поддержки принятия решений (СППР) на основе имитации внедрены в России в крупнейших компаниях в области логистики, металлургии, сотовой связи, пищевой промышленности, в нефтегазовой, банковской сферах, а в мире, кроме того — в области здравоохранения, социальной политики, исследования потребительского рынка[16].

Также компания «Экс ДжейТекнолоджис» предлагает своевременную помощь как в обслуживании AnyLogic, так и в его эксплуатации.

Вопрос целесообразности использования инструмента имитационного моделирования AnyLogic затронут в статье С. Сулова «Бизнес — это поле для экспериментов» [23].

Автор рассматривает понятие имитационного моделирования, то, для чего оно необходимо, основные возможности программного продукта AnyLogic, приводит наиболее значительные плюсы при его использовании.

Также в статье описаны несколько примеров успешного применения имитационного моделирования для решения задач промышленности:

- новороссийский контейнерный терминал. Модель применялась для оценки пропускной способности проектируемого порта, а в дальнейшем может быть использована в качестве системы оперативного управления терминалом;
- СЕТ холдинг — модель имитирует технологическую линию по производству пенобетона. Она была спроектирована для решения проблемы, из-за которой отдельно построенный цех никак не мог выйти на расчетную мощность.

Модели, описанные в статье, представляют собой реальные примеры применения имитационного моделирования для анализа проблем и принятия решений в сложных технологически организованных системах. Анимированные имитационные модели дают руководителю существенно легче воспринимаемую, по сравнению с традиционными таблицами и графиками, инфор-

мацию — оперативную картину функционирования системы, а также возможность анализа развития событий при различных поломках и нештатных ситуациях. В силу своей точности модель может служить эталоном работы организации, определяя норму производственных процессов, относительно которой удобно фиксировать отклонения и анализировать их причины.

В работе А. Максимова «Построение имитационных моделей в инструментальных средах AnyLogic и Rao-Studio» [15] рассмотрены перспективные современные технологии имитационного моделирования в инструментальных средах AnyLogic и Rao-Studio, основанные на использовании методов искусственного интеллекта и агентно-ориентированных подходах, существенно расширяющих традиционные возможности построения имитационных моделей сложных дискретных систем.

Основные возможности, преимущества и недостатки, использования AnyLogic при моделировании социально-экономических систем с применением метода системной динамики описаны в работе Г. Царева «Среда визуального моделирования AnyLogic и ее применение в исследовании социально-экономических систем» [25]. Автор считает, что по сравнению с традиционными инструментами AnyLogic предлагает существенно более широкий спектр возможностей при меньших трудозатратах. Сфера применения AnyLogic включает системы управления, моделирование физических процессов, логистику, телекоммуникацию, маркетинг и бизнес, производственные процессы, протоколы связи, механику, социально-экономические системы и многое другое.

Более подробно возможности пакета моделирования AnyLogic описывает А. Борщев в статье «От системной динамики и традиционного имитационного моделирования — к практическим агентным моделям: причины, технология, инструменты» [4]. В работе рассмотрены три основных подхода, сложившиеся в современном имитационном моделировании — системная динамика, дискретно-событийное моделирование и агентное моделирование, а также дано их сравнение. Автор отмечает, что AnyLogic позволяет строить

модели вне зависимости от того, какой используется подход в данной случае, т.е. среда разработки позволяет различные модели с помощью только одного инструмента.

Анализ литературы интернет-источников показал, что большинство источников характеризует отсутствие наглядности и очень малое количество примеров. Материал очень сложно воспринимается в силу большого объема и трудновоспринимаемых формулировок. Энциклопедии же по имитационному моделированию вообще отсутствуют. Отдельные понятия можно найти в универсальных словарях и энциклопедиях, однако это отнимает время, ресурсы и доставляет множество неудобств.

## **1.2 Обзор государственных образовательных стандартов и рабочих программ**

Согласно федеральному государственному образовательному стандарту высшего образования по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика [7] область профессиональной деятельности бакалавра включает:

- системный анализ прикладной области, формализация решения прикладных задач и процессов информационных систем;
- разработка проектов автоматизации и информатизации прикладных процессов и создание информационных систем в прикладных областях;
- выполнение работ по созданию, модификации, внедрению и сопровождению информационных систем и управление этими работами.

Выпускник, освоивший программу бакалавриата, в соответствии с видом (видами) профессиональной деятельности, на который (которые) ориентирована программа бакалавриата, должен быть готов решать в том числе и следующую профессиональную задачу: моделирование прикладных и информационных процессов, описание реализации информационного обеспечения прикладных задач.

Выпускник, освоивший программу бакалавриата, должен обладать среди прочих следующей общепрофессиональной компетенцией (ОПК): способностью анализировать социально-экономические задачи и процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования (ОПК-2).

Одной из дисциплин, в рамках которой предполагается формирование необходимой компетенции, является дисциплина «Математическое и имитационное моделирование» [18]. Общий объем часов, отводимых на изучение предмета, составляет 144, из них 52 часа — аудиторные занятия, в течение 32 часов предполагается выполнение лабораторных работ. Материал, изучаемый в рамках дисциплины, разделен на 11 тем. В первых трех темах предлагается изучение основных понятий, таких как: модели, их классификация, моделирование, понятие обслуживающего прибора, назначение имитационных моделей, структурный анализ экономической системы и моделирование случайных процессов.

Лабораторный практикум дисциплины составляет 9 работ. Темы «Использование законов распределения случайных величин при имитации экономических процессов», «Имитация посещения пунктов местности коммивояжером», «Имитация процессов обработки документа и устранения неисправности в компьютере» предполагают знакомство с имитационным моделированием, а последующие 6 работ («Модель «Минимизация производственных затрат», «Моделирование бухгалтерских проводок», «Модель «Динамическое распределение ресурсов в сети», «Модель бизнес-процесса «Эффективность предприятия», «Модель «Муниципальные проекты инвесторов-землепользователей», «Решение задачи минимизации производственных затрат производственной фирмы») направлены на изучение этапов моделирования.

Целью дисциплины «Математическое и имитационное моделирование» [18] является изучение современных методов анализа структуры и динамических характеристик фирмы для выбора путей совершенствования или



вариантов рациональной деятельности. Анализ литературы и интернет-источников показал, что платформа Anylogic является современным инструментом моделирования, а также обеспечивает разработчика необходимыми для создания современной модели функциями. AnyLogic — первый и единственный инструмент, который предлагает возможность многоподходного имитационного моделирования. Anylogic позволяет создавать модели с помощью всех трех современных подходов: дискретно-событийного, агентного и системной динамики.

Системная динамика предполагает высокий уровень абстракции и в основном используется для задач стратегического уровня: например, чтобы спрогнозировать темп восприятия нового товара на рынке или проанализировать взаимозависимость социальных процессов.

Дискретно-событийный (процессно-ориентированный) подход используется в основном на операционном и тактическом уровнях, например, в производственных процессах или при оценке инвестиций в оборудование.

Агентные модели применяются в задачах разных уровней абстракции: агент может олицетворять собой любой объект в действии. Например, агентный подход применяется при оптимизации цепей поставок и в эпидемиологии.

Согласно государственному образовательному стандарту высшего образования по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям) (уровень бакалавриата) [8] область профессионально-педагогической деятельности бакалавров включает: подготовку обучающихся по профессиям и специальностям в образовательных учреждениях, реализующих образовательные программы начального профессионального, среднего профессионального и дополнительного профессионального образования, учебно-курсовой сети предприятий и организаций, в центрах по подготовке, переподготовке и повышению квалификации рабочих и специалистов, а также в службе занятости населения.

Выпускник должен обладать среди прочих следующей общекультурной компетенцией (ОК): умением моделировать стратегию и технологию общения для решения конкретных профессионально-педагогических задач (ОК-26).

Согласно требованиям основной образовательной программы к уровню подготовки выпускника педагог профессионального обучения должен иметь представление:

- об основах имитационного моделирования;
- о современном состоянии, тенденциях и перспективах развития в области информатики;
- об автоматизации обучающих комплексов и их моделировании.

Бакалавр по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям) профиля «Информатика и вычислительная техника» специализации «Компьютерные технологии» должен знать и уметь использовать базовые понятия вычислительной техники, предмет и основные методы информатики, закономерности протекания информационных процессов в искусственных системах, принципы работы технических и программных средств в информационных системах.

Изучение дисциплины «Математическое моделирование»[19] составляет одну из компонент общей подготовки студентов, обучающихся по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям) профиля «Информатика и вычислительная техника» специализации «Компьютерные технологии»[8].

Основная цель курса состоит в том, чтобы обеспечить студентов профессионального обучения знаниями и умениями, необходимыми для достижения высокой результативности будущей профессиональной деятельности по подготовке квалифицированных рабочих на основе компьютеризации учебного процесса, а также для успешного использования компьютеров при обучении в вузе.

Дисциплина предусматривает теоретические занятия в форме лекций и практические занятия в форме лабораторных работ.

Изучив курс, студенты должны иметь знания о моделях, моделировании и его видах, о месте математического моделирования среди других видов моделирования. Знать этапы аналитического и имитационного моделирования, соответствующие им методы исследования моделей.

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование» [19] предполагает в рамках темы «Имитационное моделирование» изучение: этапов разработки имитационного пакета, моделирование водного баланса, преимуществ и недостатков имитационного моделирования и комбинированное моделирование.

На тему «Имитационное моделирование» отводится 8 аудиторных часов: 4 часа лекций и 4 часа лабораторных занятий.

Для темы «Имитационное моделирование» предусмотрена одна лабораторная работа «Моделирование процесса распространения загрязнения в водоеме без течения».

Однако идея многоподходного имитационного моделирования проста: органично совмещать и комбинировать методы моделирования так, чтобы достоинства одних подходов компенсировали недостатки других. В результате будет получен максимум от каждого. Благодаря объединению методов моделирования, можно создать отвечающие своему назначению и простые в поддержке модели без привлечения дополнительных средств.

Поэтому расширение часов на тему «Имитационное моделирование» просто необходимо. Перед построением модели определяется допустимый уровень упрощения. Будет ли достаточно широкого взгляда на проблему/систему или важна детальность? Ответ зависит от рассматриваемой системы и проблемы, которая требует решения.

Используя один метод моделирования, сложно представить систему в модели на необходимом уровне абстракции. Например, для моделирования поведения автономных объектов можно использовать системную динамику,

но с задачами такого рода отлично справляется агентное моделирование, а значит нет необходимости вводить дополнительный уровень абстракции и предположений. И наоборот, бессмысленно использовать дискретно-событийное моделирование для непрерывных закономерностей, когда есть системная динамика.

Задачи, которые приходится решать в реальном бизнесе, чаще всего сложны, поэтому при моделировании разумнее разбивать их на составные части и описывать, применяя разные методы. Невозможно достоверно передать сложную бизнес-систему и ее внутренние и внешние связи, используя один подход — некоторые элементы приходится исключать или искать обходные пути при моделировании.

### **1.3 Общие требования по созданию электронного учебного пособия**

Одним из направлений современного этапа информатизации образования является разработка и внедрение в образовательный процесс электронных информационно-образовательных ресурсов, в том числе электронных учебников и пособий, которые должны улучшить методическое обеспечение учебного процесса, что, безусловно, повлияет на качество подготовки специалистов.

Электронным учебным пособием можно назвать основное учебное электронное издание по образовательной дисциплине по образовательной дисциплине, созданное на высоком научно-методическом и техническом уровне, полностью соответствующее требованиям и основным дидактическим единицам государственного образовательного стандарта специальности [17].

Электронное учебное издание должно:

- соответствовать современному научному уровню, обеспечивать творческое и активное овладение студентами знаниями, умениями и навыками, предусмотренными целями и задачами учебного процесса;

- отличаться высоким уровнем технического исполнения и художественного оформления, полнотой информации, качеством методических приемов, наглядностью, логичностью и последовательностью изложения учебного материала.

Основным критерием отбора содержания электронного учебного пособия являются требования государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (теоретический аспект) и профессиональной программы специалиста (практический аспект).

Создаваемые электронные учебные издания должны обеспечивать учащемуся возможность работы в интерактивном режиме, легкость и простоту навигации по структуре электронного учебного издания.

Под навигацией понимается возможность быстро перейти от одной темы к другой, получить необходимую справку, комментарий, просмотреть иллюстрацию (в том числе, видеофильмы, интерактивные анимации, виртуальные модели), быстро найти необходимую информацию[17].

Учебное пособие должно быть оформлено в одном стиле (заголовки, цвета, выделения, размещение рисунков, формул, выбор шрифтов, системы управления и т.д.).

Составители методических указаний к разработке электронных учебных ресурсов для системы дистанционного обучения А. Шишкин и М. Аверина[26] предъявляют следующие требования к оформлению текстового материала:

1. Материал должен быть изложен ясно и доходчиво, с четкой ориентацией на уровень профессиональной подготовленности учащихся. Для максимального обеспечения понимания и усвоения учебного материала необходимо:

- провести четкую и более глубокую структуризацию текста (рекомендуется разбивать главы (темы) на небольшие параграфы (пункты тем)). При структурировании пособия следует учитывать, что размер каждого параграфа должен быть таким, чтобы при отображении его в Web-браузере он не

занимал более 3–4 экранов. Обычно это соответствует 2–3 страницам текста в doc-файле при размере шрифта 12;

- тщательно выверить текст на наличие эргономических дефектов;
- правильно использовать в разумных пределах нумерацию элементов списка, а также маркеров;
- активнее применять интересные и точные заголовки;
- шире использовать примеры, так как с их помощью можно приблизить объясняемое (предмет, явление, процесс) к учащимся.

2. Типовая структура учебного материала должна содержать:

- наименование темы;
- цели изучения темы (перечисление того, что будет знать и уметь студент в результате работы над материалом блока);
- наименование разделов темы (учебных вопросов, на которые разбита тема);
- учебная информация по каждому разделу (учебный материал, изложенный традиционно по каждому разделу блока в виде текста с рисунками, схемами, графиками и т.д.);
- резюме по блоку;
- вопросы для самопроверки (желательно с ответами, комментариями и рекомендациями);
- список литературы и ссылки на ресурсы Интернет, содержащие информацию по теме.

3. Объем основного текста (в страницах) не должен превышать величины  $4X$ , где  $X$  — базовый показатель (например, если объем учебного курса 100 часов, то  $4 * 100 = 400$  страниц — максимально допустимый объем основного текста). Основной текст лекционного материала включает в себя суммарный объем всех глав курса плюс приложения, плюс списки литературы, словарь терминов. Число тренировочных заданий должно быть не бо-

лее 3X. Число тестов для контроля (вопросы и задания) должно быть не более 1X. Число тем курсовых работ должно составлять не менее 1X.

4. Базовые термины электронной книги, входящие в предметный указатель, в тексте должны выделяться фоном с предоставлением возможности обучаемому раскрыть смысл термина технологией выпадающего окна или гиперпереходом в предметный указатель с возвратом к основному тексту.

5. Термины и понятия должны выделяться курсивом (желательно полужирным шрифтом) только один раз, когда они появляются впервые в тексте только в составе определения. Вводимые термины и понятия должны определяться непосредственно не только в тексте, но и повторяться в словаре терминов, где определения могут сопровождаться более подробными комментариями.

6. Однородные ключевые (смысловые) слова или словосочетания (признаки, черты, характерные особенности и т.д.) рекомендуется выделять средствами перечислений — маркерами или номерами (оформляются в виде столбика), а также путем сочетания маркера (или номера) и курсива.

### **Дидактические требования к электронным учебным пособиям**

Данные требования решают задачу необходимого уровня обучения:

- научность содержания — обеспечение возможности построения содержания учебной деятельности с учетом основных принципов педагогики, психологии и т.д.;
- адаптивности — возможность любого способа управления учебной деятельностью, выбор которого обусловлен, с одной стороны, теоретическими воззрениями разработчиков электронного учебного пособия, а с другой — целями обучения;
- обеспечение мотивации — стимулирование постоянной и высокой мотивации обучаемых, подкрепляемой целенаправленностью, активными формами работы, наглядностью, своевременной обратной связью;
- целенаправленность — обеспечение обучаемого постоянной информацией о ближайших и отдалённых целях обучения, степени достижения

целей; стимуляции тех видов познавательной активности обучаемых, которые необходимы для достижения основных учебных целей;

- креативность — программа должна формировать логическое и системное мышление, обеспечивать подготовку специалистов с творческим потенциалом, способных видеть противоречия, а также самостоятельно ставить и решать проблемы.

### **Общие требования к пользовательскому интерфейсу**

При разработке интерфейса следует принимать во внимание две группы требований[1]:

- определяемые существующими стандартами в области создания интерактивных приложений;
- определяемых психофизиологическими особенностями человека.

Как таковых законодательно утверждённых принципов построения пользовательского интерфейса нет, но они существуют де-факто.

*Принцип пропорции.* Данный принцип требует, чтобы различные объекты не были хаотично разбросаны по экрану.

*Порядок.* Объекты должны располагаться от верхнего левого угла экрана слева на право к нижнему правому углу экрана. Имеет смысл применять одни и те же цвета для различных блоков приложения.

*Акцент.* Выделение наиболее важного, которое должно быть воспринято в первую очередь.

*Принцип равновесия.* Равномерное расположение по экрану оптической тяжести изображения.

*Принцип единства.* Элементы изображения должны выглядеть взаимосвязано, правильно соотноситься по размеру, форме, цвету. Идентичные данные должны быть представлены однотипно. Для достижения единства в целом используются рамки, оси, поля.

*Яркостные характеристики.* Острота зрения при восприятии светлых объектов в 3–4 раза ниже, чем для тёмных. Светлые объекты на тёмном фоне обнаруживаются легче, чем тёмные на светлом.



*Цветовые характеристики.* Наиболее важными при выборе цветового решения можно считать следующие принципы:

- следует учитывать психофизиологическое воздействие на человека;
- глазу приятнее, если при оформлении используется нечётное число цветов — 3 или 5 (1 — уныло, 7 — слишком пестро);
- при использовании нескольких цветов большую роль играет их правильное сочетание.

*Воздействие цвета на человека с различных позиций и ассоциации,* вызываемые различными цветами:

- голубой — успокаивает;
- красный — волнует и утомляет;
- зелёный — нежный, умиротворяющий;
- жёлтый — оптимистичный, легкомысленный настрой;
- оранжевый — раскрепощает фантазию;
- коричневый — угнетает умственную активность;
- чёрный — способствует снижению числа ошибок, но вызывает головные боли.

### **Характеристика учебно-методических материалов**

Учебно-методические материалы служат составной частью современного учебного комплекса по дисциплине, способствующей целенаправленному, активному освоению обучающимися содержания изучаемых дисциплин, различных форм учебной деятельности, работы с учебной информацией.

Цели учебно-методических материалов [28]:

- обучающие — обеспечить достижение основных задач образования на всех ступенях высшего образования;
- развивающие — развить способности обучаемых работать с учебной информацией, совершенствовать умения ее поиска, анализа, презентации полученных результатов;

- контрольно-рефлексивная — обеспечить возможности для проверки и самопроверки знаний, уровня подготовки обучаемых;
- профессионально-ориентирующая — ориентировать обучаемых на перспективу продолжения образования посредством активного приобщения к проблемам и методам научного познания.

Характеристики учебно-методических материалов как образовательного продукта, а также части образовательной системы:

- обеспечение поступательности обучения и его профориентационной направленности;
- научность и достоверность учебной информации;
- соответствие содержания и дидактической системы учебно-методических материалов требованиям государственного образовательного стандарта;
- обеспечение основных этапов образовательного процесса — от целеполагания до контроля и оценки достигнутых результатов;
- комплексный характер — сочетание содержательных и деятельностных компонентов учебника, энциклопедии, сборника контрольных заданий и др.

Инновационные характеристики учебно-методических материалов (в сопоставлении с традиционными учебными пособиями), которые должны быть обоснованы и реально обеспечены авторами материалов [28]:

- многообразные способы представления информации — текстовой, наглядно-иллюстративной и т.д., в том числе — с использованием динамичного зрительного ряда, графики и др.;
- высокая степень познавательной активности и самостоятельности обучаемых, реализуемая с помощью развернутой системы вопросов и заданий;
- организация работы в режиме интерактивного диалога с использованием разных моделей общения (электронное пособие может служить для

обучаемых источником информации, консультантом, оппонентом по диалогу, экзаменатором);

- возможность осуществлять индивидуальный подход в обучении, проектировать и реализовать индивидуальные траектории обучения;
- независимая экспертиза уровня подготовки обучаемых по дисциплине.

#### **1.4 Описание общих подходов к трактовке понятия «Имитационное моделирование»**

Использование абстракций при решении проблем с помощью моделей часто состоит в применении того или иного математического аппарата. Простейшими математическими моделями являются алгебраические соотношения, поэтому анализ модели сводится к аналитическому решению этих уравнений. Некоторые динамические системы можно описать в замкнутой форме, например, в виде систем линейных дифференциальных и алгебраических уравнений и получить решение аналитически. Такое моделирование можно назвать аналитическим, т.е. при его использовании процессы функционирования исследуемой системы записываются в виде алгебраических, интегральных, дифференциальных уравнений и логических соотношений, а анализ этих соотношений можно выполнить с помощью аналитических преобразований [10].

Однако при использовании чисто аналитических методов при моделировании реальных систем можно столкнуться с серьезными трудностями: классические математические модели, допускающие аналитическое решение, в большинстве случаев к реальным задачам неприменимы. Но даже если аналитическую модель удастся построить, то чисто математические соотношения обычно необходимо дополнить логико-семантическими операциями.

При имитационном моделировании структура моделируемой системы непосредственно представлена структурой модели, а процесс функциониро-

вания подсистем, выраженный в виде правил и уравнений, связывающих переменные, имитируется на компьютере.

Имитационное моделирование имеет существенные преимущества перед аналитическим моделированием в тех случаях, когда:

- отношения между переменными в модели нелинейны, и поэтому аналитические модели трудно или невозможно построить;
- модель содержит стохастические компоненты;
- для понимания поведения системы требуется визуализация динамики происходящих в ней процессов;
- модель содержит много параллельно функционирующих взаимодействующих компонентов.

Имитационное моделирование — это разработка и выполнение на компьютере программной системы, отражающей структуру и функционирование (поведение) моделируемого объекта или явления во времени. Такую программную систему можно назвать имитационной моделью этого объекта или явления. Объекты и сущности реального мира, а связи структурных единиц объекта моделирования отражаются в интерфейсных связях соответствующих объектов модели[10].

Таким образом, имитационная модель — это упрощенное подобие реальной системы, либо существующей, либо той, которую предполагается создать в будущем. Имитационная модель обычно представляется компьютерной программой, выполнение которой можно считать поведением исходной системы во времени.

Во многих случаях имитационное моделирование является единственным способом получить представление о поведении сложной системы и провести ее анализ.

Процесс построения качественной имитационной модели можно подразделить на 8 этапов. Первый этап можно назвать пониманием системы, т.е. разработчик должен знать и понимать, что происходит в системе, подлежащей анализу, какова ее структура, какие процессы в ней протекают.

Далее необходимо определить, какие задачи будут решаться с ее помощью, т.е. моделированию в любой его форме должна предшествовать формулировка цели моделирования. От цели зависит то, какие процессы в реальной системе следует выделить и отразить в модели, а от каких абстрагироваться, какие характеристики этих объектов учитывать, а какие нет.

За этапом формулировки цели следует этап разработки концептуальной структуры модели, т.е. выделение отдельных подсистем, определение элементарных компонентов модели и их связей на каждом уровне иерархии.

Следующим этапом разработки имитационной модели можно назвать этап реализации модели в среде моделирования. В имитационном моделировании структура модели должна отражать структуру реального объекта моделирования на некотором уровне абстракции, а связи между компонентами модели — отражение реальных связей. При необходимости для большего понимания процессов, протекающих в модели, должно быть разработано анимационное представление процессов.

Затем построенная модель должна быть проверена с точки зрения корректности ее реализации, т.е. разработчику необходимо убедиться в том, что модель корректно отражает те процессы реальной системы, которые требуется анализировать.

Далее необходимо провести калибровку или идентификацию модели, т.е. осуществить сбор данных и провести измерение тех характеристик в реальной системе, которые должны быть введены в модель в виде значений параметров и распределений случайных величин.

Последним этапом работы с моделью является компьютерный эксперимент — выполнение модели при различных значениях ее поведения с регистрацией характеристик поведения.

Компьютерное моделирование позволяет не только получить прогноз, но и определить, какие управляющие воздействия на систему приведут к благоприятному развитию событий. Более сложные эксперименты позволяют выполнить анализ чувствительности модели, оценку рисков различных

управляющих решений, а также оптимизацию для определения параметров и условий рационального функционирования модели.

Имитационное моделирование позволяет проецировать проблемы из реального мира в мир моделей, анализировать и оптимизировать модель, находить оптимальное решение для воплощения его в реальном мире.

Как правило, большинство систем из реального мира являются динамическими, то есть их состояние изменяется с течением времени. Под состоянием системы понимается набор значений её существенных параметров и переменных. В динамических системах изменение состояния системы во времени — это изменение значений переменных системы в соответствии с законами, определяющими связи переменных и их зависимости друг от друга во времени. Разные методы моделирования используют в качестве подобных законов дифференциальные уравнения, карты состояний, автоматы, сети и т.п.

Рассматривая имитационное моделирование как средство решения проблем бизнес-процессов, можно выделить три основных подхода[16]:

- системная динамика;
- дискретно-событийное моделирование;
- агентное моделирование.

Первые два подхода являются «традиционными» методами имитационного моделирования. Агентное моделирование — относительно новый метод, получивший широкое распространение только после 2000 года. Системная динамика и дискретно-событийное моделирование рассматривают систему сверху вниз, работая на так называемом системном уровне. Агентное моделирование сфокусировано на физическом уровне, где важны отдельные физические объекты, их индивидуальное поведение и физические связи, точные размеры, расстояния, временные промежутки.

Системная динамика предполагает наивысший уровень абстракции, когда исследователь абстрагируется от индивидуальных объектов и их поведения. Дискретно-событийное моделирование оперирует на среднем уровне, то

есть работает с отдельными объектами, но их физическими размерами пренебрегает (значения скоростей, времени усредняются или используются их стохастические значения). Что касается агентного моделирования, оно может применяться практически на любом уровне абстракции и в любых масштабах. Агенты могут представлять пешеходов, автомобили или роботов в физическом пространстве (низкий уровень), клиента или продавца на среднем уровне, или же конкурирующие компании на высоком.

### **Системная динамика**

Системная динамика — это подход имитационного моделирования, своими методами и инструментами позволяющий понять структуру и динамику сложных систем. Также системная динамика — это метод моделирования, использующийся для создания точных компьютерных моделей сложных систем для дальнейшего использования с целью проектирования более эффективной организации и политики взаимоотношений с данной системой. Вместе, эти инструменты позволяют нам создавать микромиры-симуляторы, где пространство и время могут быть сжаты и замедлены так, чтобы мы могли изучить последствия наших решений, быстро освоить методы и понять структуру сложных систем, спроектировать тактики и стратегии для большего успеха [16].

Системная динамика главным образом используется в долгосрочных, стратегических моделях и принимает высокий уровень абстракции. Люди, продукты, события и другие дискретные элементы представлены в моделях Системной Динамики не как отдельные элементы, а как система в целом. Если же отдельные элементы модели важны, то для полной или частичной обработки Вашей модели лучше воспользоваться Агентным или Дискретно-событийным моделированием.

### **Дискретно-событийное моделирование**

Мир вокруг нас является скорее «непрерывным», чем «дискретным»: большинство наблюдаемых нами процессов — это непрерывные изменения во времени. Но для анализа этих процессов иногда имеет смысл абстрагиро-

ваться от их непрерывной природы и рассматривать только некоторые «важные моменты» («события») в жизни моделируемой системы. Подход к построению имитационных моделей, предлагающий аппроксимировать реальные процессы такими событиями и называется «дискретно-событийным» моделированием (discrete event modeling)[16].

Вот некоторые примеры событий: покупатель вошел в магазин, на складе закончили разгружать фуру, конвейер остановился, в производство запущен новый продукт, уровень запросов достиг некоего порога и т.д. В дискретно-событийном моделировании движение поезда из точки А в точку Б будет представлено двумя событиями: отправление и прибытие, а само движение станет «задержкой» (интервалом времени) между ними.

Термин «дискретно-событийное моделирование» обычно используется в более узком смысле для обозначения «процессного» моделирования, где динамика системы представляется как последовательность операций (прибытие, задержка, захват ресурса, разделение) над некими сущностями (entities, по-русски — транзакты, заявки), представляющими клиентов, документы, звонки, пакеты данных, транспортные средства и т.п. Эти сущности пассивны, они сами не контролируют свою динамику, но могут обладать определёнными атрибутами, влияющими на процесс их обработки (например, тип звонка, сложность работы) или накапливающими статистику (общее время ожидания, стоимость). Процессное моделирование — это средне-низкий уровень абстракции: здесь каждый объект моделируется индивидуально, как отдельная сущность, но множество деталей «физического уровня» (геометрия, ускорения/замедления) обычно опускается. Такой подход широко используется в бизнес-процессах, производстве, логистике, здравоохранении.

Прежде, чем использовать этот подход необходимо убедиться, что моделируемая система действительно естественно описывается как (возможно, иерархическая) последовательность операций. Всегда нужно иметь в виду альтернативные подходы; например, если легче описать поведение каждого



объекта индивидуально, чем пытаться загнать всех в общий процесс, решением может быть агентное моделирование.

### **Агентное моделирование**

С точки зрения практического применения агентное моделирование можно определить, как метод имитационного моделирования, исследующий поведение децентрализованных агентов и то, как это поведение определяет поведение всей системы в целом. При разработке агентной модели, инженер вводит параметры агентов (это могут быть люди, компании, активы, проекты, транспортные средства, города, животные и т.д.), определяет их поведение, помещает их в некую окружающую среду, устанавливает возможные связи, после чего запускает моделирование. Индивидуальное поведение каждого агента образует глобальное поведение моделируемой системы.

Традиционные подходы имитационного моделирования рассматривают служащих компании, проекты, продукты, клиентов, партнеров как среднее арифметическое или как пассивные заявки/ресурсы в процессе. Например, модели системной динамики полны предположений, таких как «у нас есть 120 служащих, они могут проектировать приблизительно 20 новых продуктов в год», или «у нас есть 1200 грузовиков, они могут перевезти определенное количество груза в месяц, и 5 % из них списываются каждый год и заменяются новыми». В процессном моделировании (также известном как дискретно-событийное моделирование) организация рассматривается как различные процессы, такие как: «клиент звонит в телефонный информационный центр, звонок обрабатывается оператором А, который тратит, в среднем, 2 минуты на вызов, после чего 20 % запросов должны быть переадресованы...» [16]. Эти методы превосходят «аналитическое моделирование» в возможности рассматривать динамику предприятия, нелинейности, но они игнорируют тот факт, что все эти люди, проекты, продукты, оборудование и активы являются различными — они имеют собственную историю, намерения, желания, свойства, а также сложные отношения. Например, люди могут быть с различными карьерами и доходами, они могут иметь разную произво-

дительность труда; проекты взаимодействуют и конкурируют, могут зависеть один от другого; у самолетов есть индивидуальные графики технического обслуживания, при несоблюдении которых машина может выйти из строя; потребители могут консультироваться с членами своей семьи, прежде чем принять решение о покупке. Агентное моделирование не обладает такими ограничениями, поскольку оно предполагает сосредоточение непосредственно на отдельных объектах, их поведении и коммуникации.

Агентная модель — это ряд взаимодействующих активных объектов, которые отражают объекты и отношения в реальном мире. Таким образом, агентное моделирование делает шаг вперед в понимании и управлении совокупностью сложных социальных и бизнес процессов.

Хороший пример использования агентного моделирования — потребительский рынок. В очень динамичной, конкурентной и сложной среде рынка выбор покупателя зачастую зависит от индивидуальных особенностей, врожденной активности потребителя, сети контактов, а также внешних влияний, которые лучше всего описываются с помощью агентного моделирования.

Другой стандартный пример — это эпидемиология. Здесь агенты это люди, которые могут быть иммунными, носителями инфекции, переболевшими или восприимчивыми к болезни. Агентное моделирование поможет спроецировать в мир моделей социальные сети, разнородные контакты между людьми и в итоге получить объективные прогнозы распространения инфекции [16].

## **2 ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА «ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ НА ПЛАТФОРМЕ ANYLOGIC»**

### **2.1 Проект лабораторного практикума**

Лабораторный практикум предназначен для изучения темы «Имитационное моделирование систем в AnyLogic» дисциплин «Математическое и имитационное моделирование» и «Математическое моделирование» — это понятие модели, имитационного моделирования, классификации, функции, области применения. Может использоваться при очной, заочной или дистанционной формах обучения.

При создании лабораторного практикума необходимо учитывать специфику этого продукта и руководствоваться требованиями к проектированию подобных средств, перечисленными в первой главе. То есть, его содержание должно быть структурированным, информация тщательно подобрана, текст формулировок должен исключать двусмысленность, быть лаконичным и понятным; оформление должно быть эстетичным (не слишком ярким и не тусклым) и соответствовать задаваемой тематике; контраст текста и общего фона не должен утомлять глаза, учебный материал должен располагаться в центре окна; визуально должны выделяться зона заголовка, навигации и информационного блока; система навигации должна быть понятной.

Лабораторный практикум должен содержать:

- лабораторные работы;
- краткое изложение теоретического материала, сопровождающееся, рисунками, схемами;
- удобную навигацию;
- методические указания;
- список рекомендованных источников литературы.

Основными функциональными возможностями продукта должны быть:

- предоставление информации об имитационном моделировании, классификации моделей, технологии их создания, примерах готовых моделей;
- обеспечение доступности и понимания изложенного материала путем использования иллюстрированных примеров, с фрагментами мультимедиа;
- удобный интерфейс.

Разработка программы должна выполняться по следующим этапам:

1. Сбор и структурирование материала по теме «Имитационное моделирование систем в AnyLogic», выделение существенных моментов.
2. Разработка лабораторных работ.
3. Разработка оформления.
4. Оформление материала в виде лабораторного практикума.
5. Проверка работоспособности продукта и внесение коррективов.
6. Публикация пособия.

Во время реализации этапов создания лабораторного практикума могут быть внесены коррективы.

## **2.2 Описание продукта**

### **2.2.1 Общая характеристика**

Полное наименование программной разработки: «Имитационное моделирование систем на платформе AnyLogic». С AnyLogic разработчики не ограничены одним методом моделирования. Используя подходящий метод или их комбинацию, исследователи могут создать оптимальную для решения конкретной проблемы имитационную модель.

В результате проведённой работы было создано пособие в виде pdf-документов.

Лабораторный практикум включает в себя следующие разделы:

1. Лабораторные работы — раздел включает в себя шесть лабораторных работ:

- «Модель банка (Процессный подход)»;
- «Модель павильона метро (Пешеходы)»;
- «Модель обслуживания турбин (Агентный подход)»;
- «Диффузия по Бассу (Системная динамика)»;
- «Модель перекрестка (Дорожное движение)»;
- «Сортировочная горка (Моделирование ж/д узла)».

2. Раздел «Справочник» содержит два теоретических подраздела:

- пользовательский интерфейс AnyLogic — основные компоненты окна программы;
- основные понятия — кратко изложена теоретическая информация, которая может понадобиться для понимания изучаемой темы.

3. Раздел «Контроль» содержит вопросы, составленные по лабораторным работам.

Внешний вид лабораторного практикума приведен на рисунке 1.

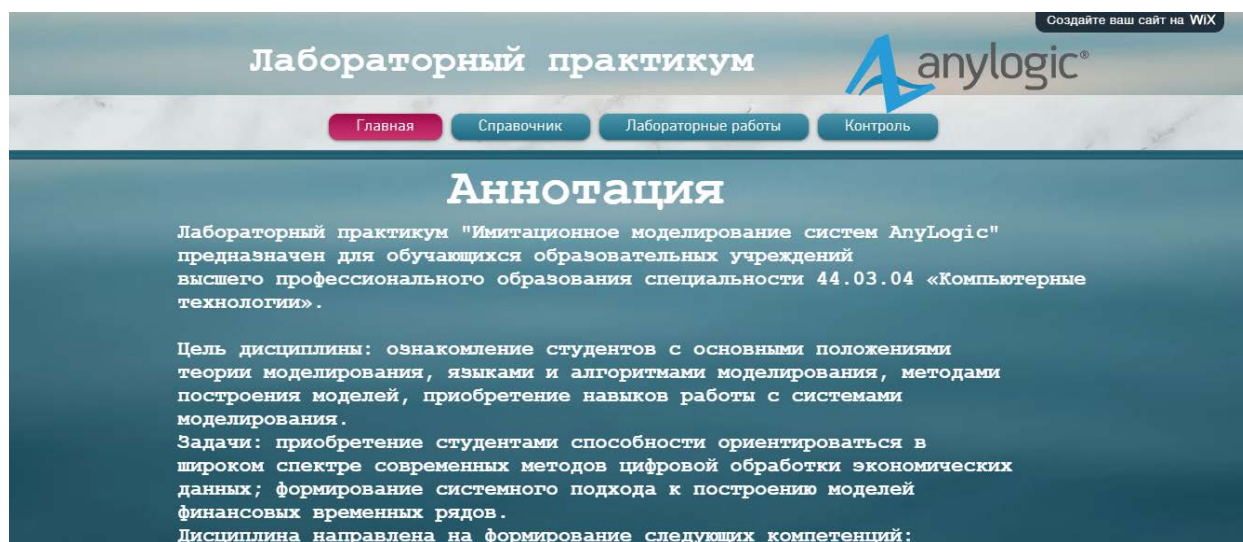


Рисунок 1 — Внешний вид лабораторного практикума

В верхней части окна учебного пособия находится заголовок, в горизонтальной — панель навигации, которая реализована с помощью выпадающего меню (рисунок 2).



Рисунок 2—Внешний вид окна с демонстрацией выпадающего меню

## 2.2.2 Описание наполнения лабораторного практикума

Лабораторные работы в практикуме «Имитационное моделирование систем на платформе AnyLogic» представлены в виде шести лабораторных работ.

По ходу выполнения работы разрабатывается полноценная имитационная модель какой-либо системы.

В первой лабораторной работе предложено реализовать модель простой системы массового обслуживания — банковского отделения, в котором находятся банкомат и стойки банковских кассиров, что позволяет быстро и эффективно обслуживать клиентов. Операции с наличностью клиенты банка производят с помощью банкомата, а более сложные операции, такие как оплата счетов — с помощью кассиров (рисунок 3).

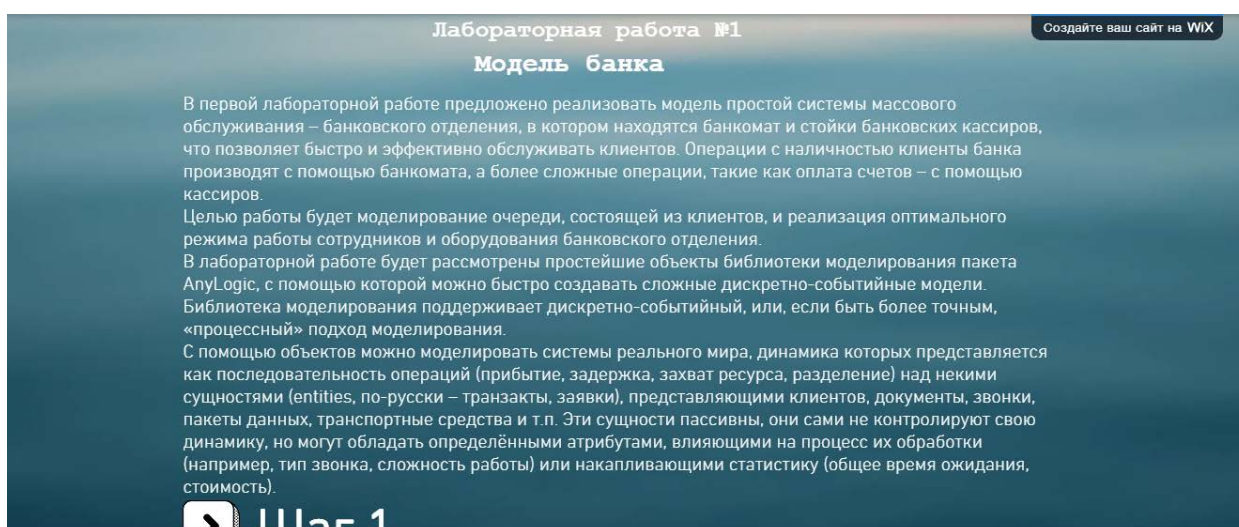


Рисунок 3 —Внешний вид окна с фрагментом лабораторной работы «Модель банка»

Целью работы будет моделирование очереди, состоящей из клиентов, и реализация оптимального режима работы сотрудников и оборудования банковского отделения.

В лабораторной работе будут рассмотрены простейшие объекты библиотеки моделирования пакета AnyLogic, с помощью которой можно быстро создавать сложные дискретно-событийные модели.

Библиотека моделирования поддерживает дискретно-событийный, или, если быть более точным, «процессный» подход моделирования. С помощью объектов можно моделировать системы реального мира, динамика которых представляется как последовательность операций (прибытие, задержка, захват ресурса, разделение) над некими сущностями (entities, по-русски — транзакты, заявки), представляющими клиентов, документы, звонки, пакеты данных, транспортные средства и т.п. Эти сущности пассивны, они сами не контролируют свою динамику, но могут обладать определёнными атрибутами, влияющими на процесс их обработки (например, тип звонка, сложность работы) или накапливающими статистику (общее время ожидания, стоимость).

AnyLogic даёт возможность создавать комплексные решения для планирования, организации и оптимизации пешеходных потоков в таких общественных зданиях, как аэропорты, вокзалы, торговые центры и стадионы.

Архитекторы общественных зданий часто сталкиваются со сложностями, связанными с созданием плана здания, которое не содержало бы узких мест и обладало бы пропускной способностью для необходимого количества людей. Люди должны свободно перемещаться, а также покупать билеты, проходить через пункты досмотра, не создавая больших очередей и не мешая прохождению других. Планировщики также должны подвергать стресс-тесту такие элементы, как двери, лестничные пролёты, лифты, эскалаторы и коридоры, а также рассчитывать их пропускные способности при пиковых нагрузках по трафику. Пешеходная библиотека AnyLogic поможет спланировать здание и обосновать проект.

Иногда необходимо выяснить, как установка нового пункта обслуживания посетителей повлияет на распределение пешеходных потоков в здании. К примерам можно отнести турникеты на станциях метро, киоски и банкоматы в торговых центрах, пункты паспортного контроля в аэропортах. Иногда также необходимо знать, сколько именно таких пунктов нужно установить и как оптимизировать их работу, чтобы справляться с потоком посетителей. AnyLogic позволяет детально анализировать бизнес-процессы на конкретном объекте.

Понимание того, как будет проходить эвакуация в планируемом здании — важнейший момент для безопасности посетителей. AnyLogic позволяет пользователям тестировать различные варианты эвакуации, отражая агрессивное поведение людей в экстренной ситуации. Модели также помогут выявить места, потенциально удобные для совершения правонарушений, в том числе терактов, спрогнозировать потенциальный ущерб от таких действий.

Менеджеры торговых центров (ТЦ) часто хотят узнать проходимость отдельных точек, рассчитать количество людей, которые с определенной вероятностью посетят тот или иной магазин, а также понять, как создать плотность потока посетителей, необходимую арендатору. Пешеходное моделирование с AnyLogic поможет менеджменту ТЦ получить такую информацию.

Проводить моделирование транспортной доступности объекта важно, так как пешеходные потоки необходимо организовывать соответственно их источникам и направлениям движения. Также при планировании объекта во избежание автомобильных пробок необходимо правильно располагать парковки относительно дорог и главных мест посещения. Наконец, понимание того, как повлияет введение в строй нового крупного объекта на дорожную ситуацию, очень важно для его менеджмента. AnyLogic является профессиональным инструментом для планирования транспортной доступности крупных объектов.

Во второй лабораторной работе рассматривается простейшая модель, моделирующая движение пассажиров в наземном павильоне метро. Перед



тем, как пройти к поездам метро, пассажиры проходят через турникеты, проверяющие наличие билетов. Те пассажиры, которые не купили билеты заранее, должны будут вначале приобрести их в находящейся в павильоне билетной кассе, и только потом они смогут пройти к поездам. Эта модель продемонстрирует, как промоделировать поток пешеходов и простейшие сервисы (рисунок 4).



Рисунок 4 — Внешний вид окна с фрагментом лабораторной работы  
«Модель павильона метро»

Пешеходная библиотека AnyLogic является высокоуровневой библиотекой моделирования движения пешеходов в физическом пространстве. Она позволяет моделировать здания, в которых движутся пешеходы (станции метро, стадионы, музеи), а также улицы и другие места большого скопления людей. С помощью пешеходной библиотеки можно создавать гибкие модели, собирать простую и сложную статистику, эффективно визуализировать моделируемый процесс для валидации и представления модели. Также можно собирать статистику плотности пешеходов в различных областях модели для того, чтобы убедиться, что сервисы смогут справиться с потенциальным ростом нагрузки, вычислить время пребывания пешеходов в каких-то определенных участках модели, выявить возможные проблемы и т.д.

В третьей лабораторной работе описывается модель обслуживания ветряных турбин (рисунок 5). Промоделируем, как сервисный центр производит обслуживание ветряных турбин. Имеется десять ветряных турбин, располо-

женных случайным образом в непрерывном пространстве, которые требуют обслуживания. Будем различать два вида сервисных работ:

1. Периодически проводимое техническое обслуживание (ТО):

- ТО должно проводиться каждые две недели;
- сервисная бригада выезжает к турбине на грузовике;
- время проведения работ равно 10 часам.

2. Срочное устранение поломок:

- среднее время между поломками — 50 дней;
- сервисная бригада вылетает к турбине на вертолете;
- время устранения поломки равномерно распределено от 10 до 20 часов.

Ветряные турбины обслуживаются одним сервисным центром. Центр владеет парком транспортных средств, состоящим из двух вертолетов и пяти грузовиков.

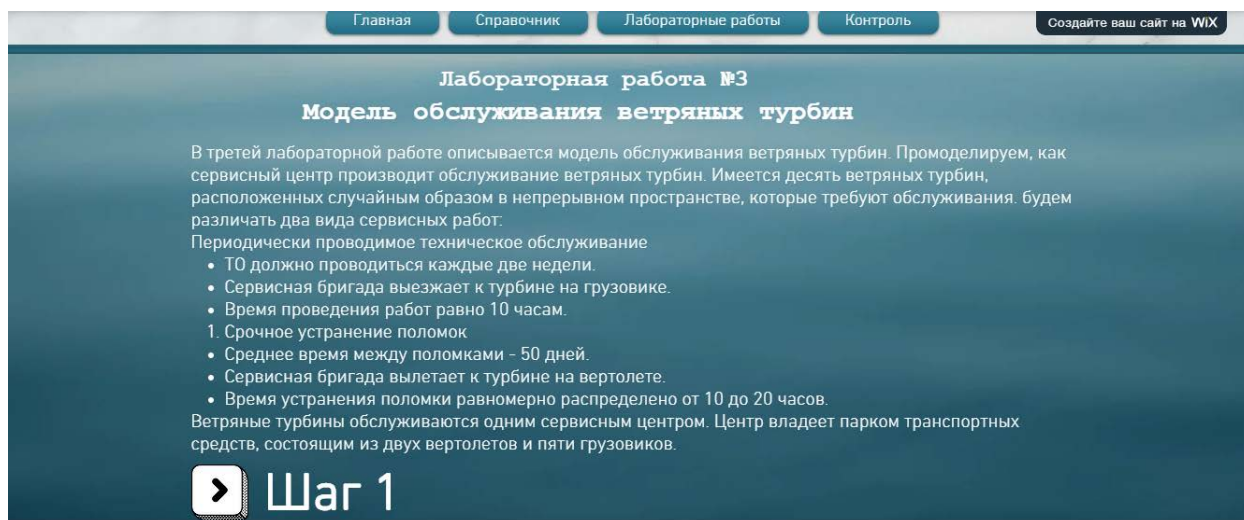


Рисунок 5 — Внешний вид окна с фрагментом лабораторной работы  
«Модель обслуживания ветряных турбин»

В четвертой лабораторной работе описывается системно-динамический подход моделирования (рисунок 6), успешно применяемый во многих сферах, в том числе для описания социальных, урбанистических, экологических, бизнес систем. AnyLogic позволяет создавать комплексные динамические модели, используя стандартную графическую нотацию системной динамики.



Рисунок 6 — Внешний вид окна с фрагментом лабораторной работы  
«Диффузия по Бассу»

Целью является ознакомление с интерфейсом и основными возможностями AnyLogic.

Модель Басса описывает процесс распространения продукта. Изначально продукт никому не известен, и для того, чтобы люди начали его приобретать, он рекламируется. В итоге определенная доля людей приобретает продукт под воздействием рекламы. Также люди приобретают продукт в результате общения с теми, кто этот продукт уже приобрел. Процесс приобретения нового продукта под влиянием убеждения его владельцев чем-то похож на распространение эпидемии.

Системно-динамическое представление модели показано на рисунке 7. Накопители обозначаются прямоугольниками, поток — вентилем, а динамические переменные — кружками. Стрелки обозначают причинно-следственные зависимости в модели.

Менеджеры, которым необходимо решить какую-либо проблему или улучшить бизнес-процесс, могут экспериментировать с различными решениями в реальной жизни, внедряя их на практике в своей компании. Например, они могут попытаться оптимизировать документооборот, заказать дорогое современное оборудование и тому подобное. Однако, это может занять слишком много времени и оказаться дорогостоящим для компании, а постоянные нововведения усложнят жизнь работников. В современных условиях

эксперименты на работающем бизнесе могут обойтись компании слишком дорого. Кроме того, эти изменения могут противоречить друг другу или быть неоптимальными для предприятия в целом. Имитационное моделирование предлагает решение этой проблемы.

Имитационное моделирование является инструментом для решения проблем бизнеса. При помощи имитации можно проверять идеи или комбинации идей, искать оптимальные значения параметров для различных ситуаций. Все это можно делать без дополнительных затрат, не мешая работе компании.

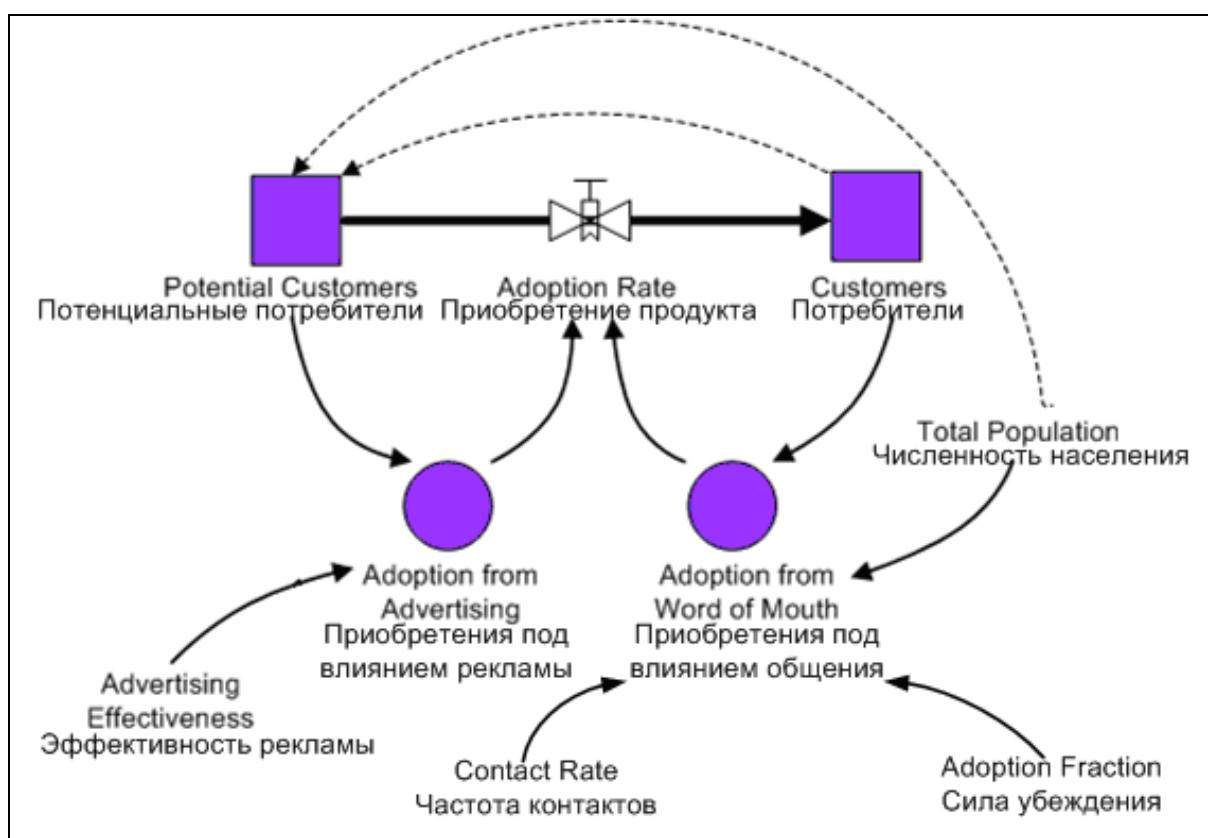


Рисунок 7—Внешний вид системно-динамического представления модели

В пятой лабораторной работеиспользуются модели дорожного трафика с помощью библиотеки дорожного движения (рисунок 8). Про моделировав движение автомобилей на перекрестке дорог Tapiolavagen и Menninkaisentie в районе Tapiola рядом с Хельсинки.



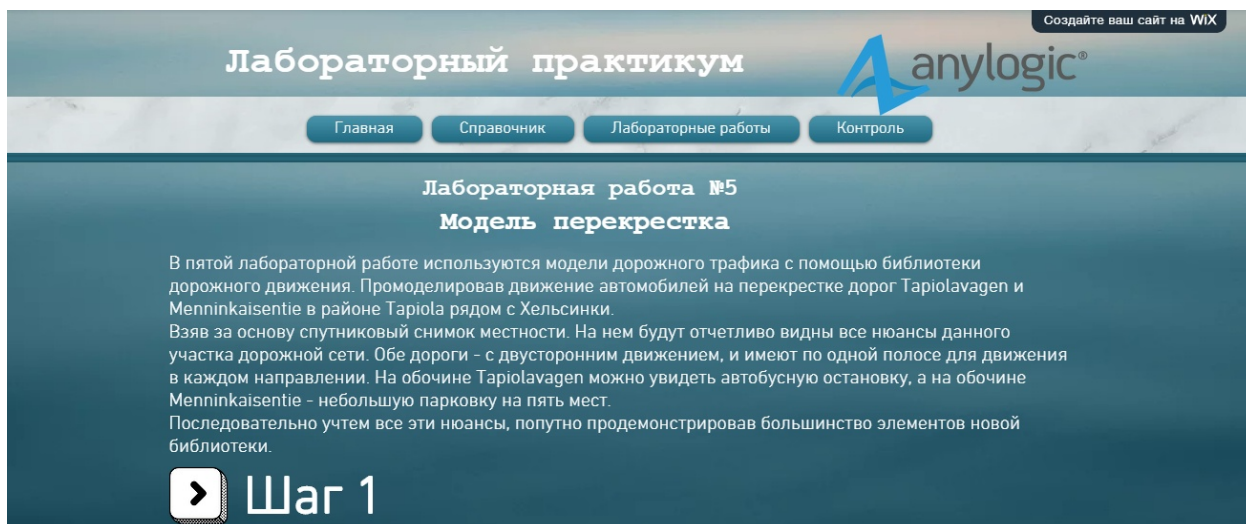


Рисунок 8 — Внешний вид окна с фрагментом лабораторной работы  
«Модель перекрестка»

Взяв за основу показанный ниже спутниковый снимок местности (рисунок 9). На нем отчетливо видны все нюансы данного участка дорожной сети. Обе дороги — с двусторонним движением, и имеют по одной полосе для движения в каждом направлении. На обочине Tapiolavägen можно увидеть автобусную остановку, а на обочине Menninkäisentie — небольшую парковку на пять мест. Последовательно учтем все эти нюансы, попутно продемонстрировав большинство элементов новой библиотеки.



Рисунок 9— Внешний вид спутникового снимка местности для реализации шестой лабораторной работы

В шестой лабораторной работе используется железнодорожная библиотека AnyLogic для создания модели сортировочной горки (рисунок 10). Сортировочная горка — это вид сортировочной станции, использующий для перемещения вагонов, то есть скатывание вагонов и групп вагонов с уклона.

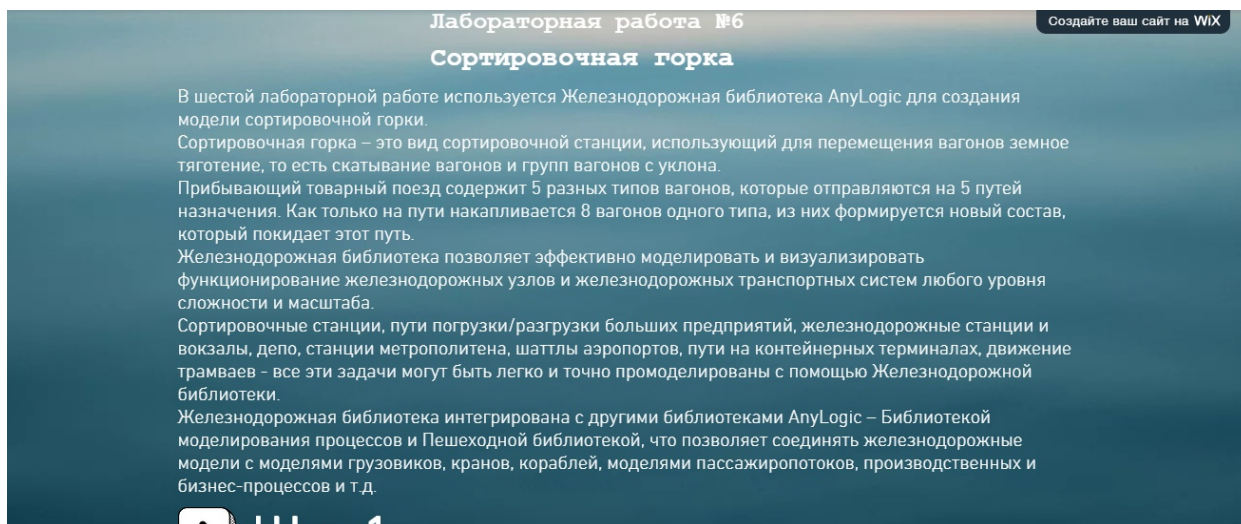


Рисунок 10 —Окно с фрагментом лабораторной работы «Сортировочная горка»

Прибывающий товарный поезд содержит пять разных типов вагонов, которые отправляются на пять путей назначения. Как только на пути накапливается восемь вагонов одного типа, из них формируется новый состав, который покидает этот путь.

Железнодорожная библиотека позволяет эффективно моделировать и визуализировать функционирование железнодорожных узлов и железнодорожных транспортных систем любого уровня сложности и масштаба. Сортировочные станции, пути погрузки/разгрузки больших предприятий, железнодорожные станции и вокзалы, депо, станции метрополитена, шаттлы аэропортов, пути на контейнерных терминалах, движение трамваев — все эти задачи могут быть легко и точно промоделированы с помощью Железнодорожной библиотеки.

Железнодорожная библиотека интегрирована с другими библиотеками AnyLogic — библиотекой моделирования процессов и пешеходной библиотекой, что позволяет соединять железнодорожные модели с моделями грузо-

виков, кранов, кораблей, моделями пассажиропотоков, производственных и бизнес-процессов и т.д.

### 2.2.3 Описание раздела «Справочник»

Справочник содержит два раздела.

В разделе «Пользовательский интерфейс AnyLogic» представлены основные элементы рабочей области программы, а также кнопки, наиболее часто используемые при выполнении лабораторных работ (рисунок 11).

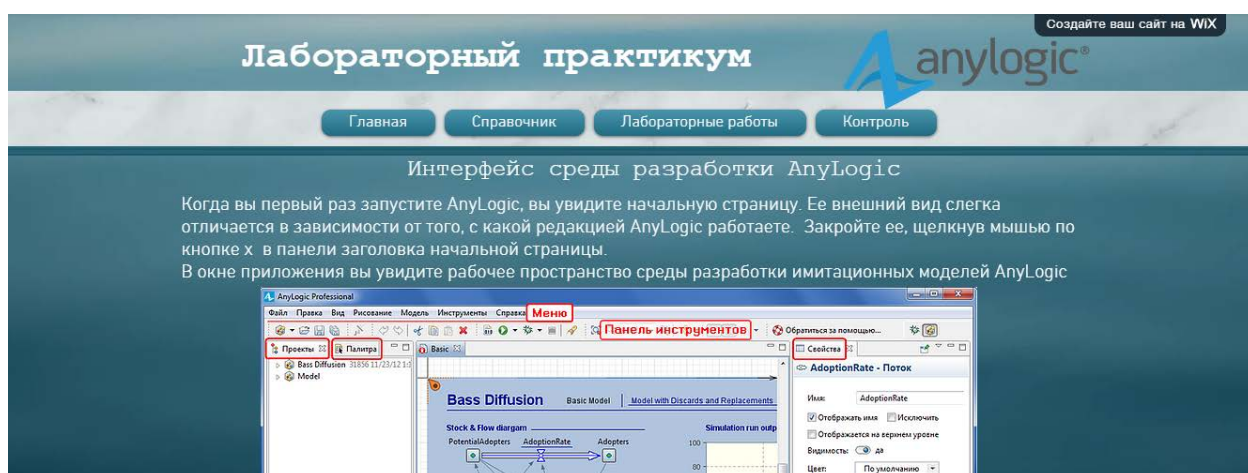


Рисунок 11 — Внешний вид окна с пользовательским интерфейсом AnyLogic

В справочнике реализован теоретический блок — «Основные понятия», который содержит наиболее часто используемые определения. Раздел создан для того, чтобы обучаемый смог найти ответ на интересующий вопрос, возникший по ходу выполнения лабораторной работы (рисунок 12).

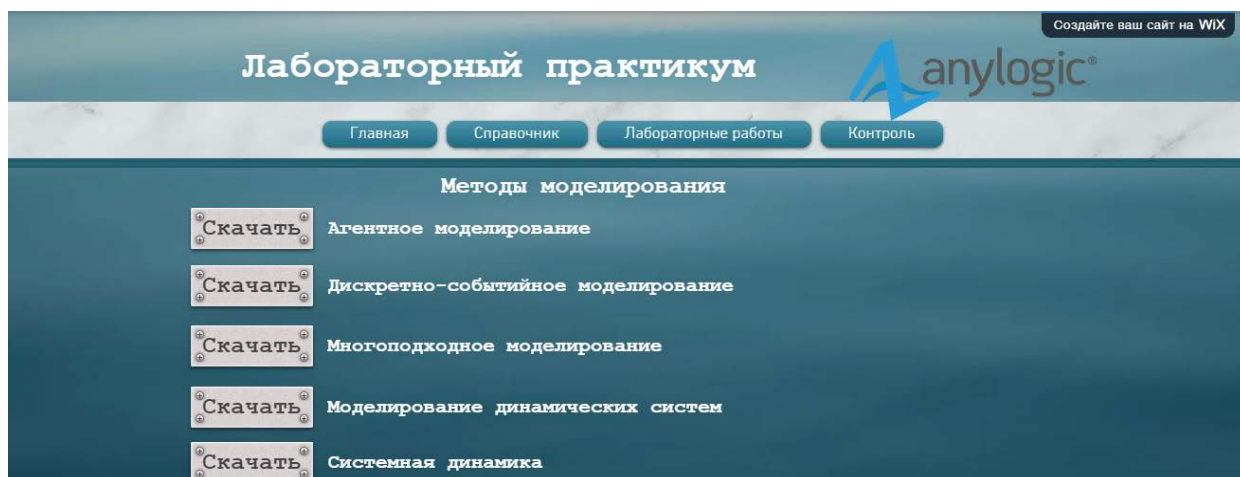


Рисунок 12—Внешний вид фрагмента страницы справочника «Основные понятия»



## 2.2.4 Описание раздела «Контроль»

В разделе «Контроль» созданы 30 вопросов для самоконтроля, по 5 на каждую лабораторную работу.

Контроль предполагается выполнять после завершения всех лабораторных работ, а также теоретического материала в разделе справочник. Раздел создан для того, чтобы обучаемый смог дать полные ответы на поставленные вопросы (рисунок 13).



Рисунок 13 — Внешний вид окна с фрагментом «Вопросы для самопроверки»

## 2.2.5 Описание блока навигации

Навигация в электронном учебном пособии осуществляется с помощью горизонтальной панели. Она предназначена для перемещения по основным структурным разделам пособия (рисунок 14).



Рисунок 14— Внешний вид реализации панели навигации



Лабораторные работы подразделены на несколько шагов (в зависимости от объема). Для удобного перемещения между ними реализованы ссылки (рисунок15).

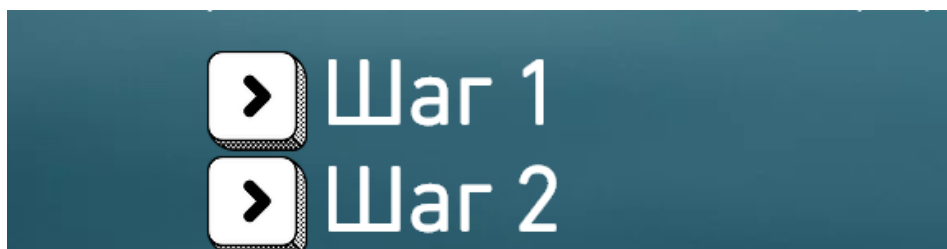


Рисунок 15—Перемещение между шагами выполнения лабораторной работы

В разделе «Лабораторные работы» следует пояснение, какая модель рассматривается, какая библиотека используется, что она моделирует. навигация реализована путем нажатия правой клавиши мыши на кнопку с названием шага.Последовательность подобных переходов продемонстрирована на рисунке 16.

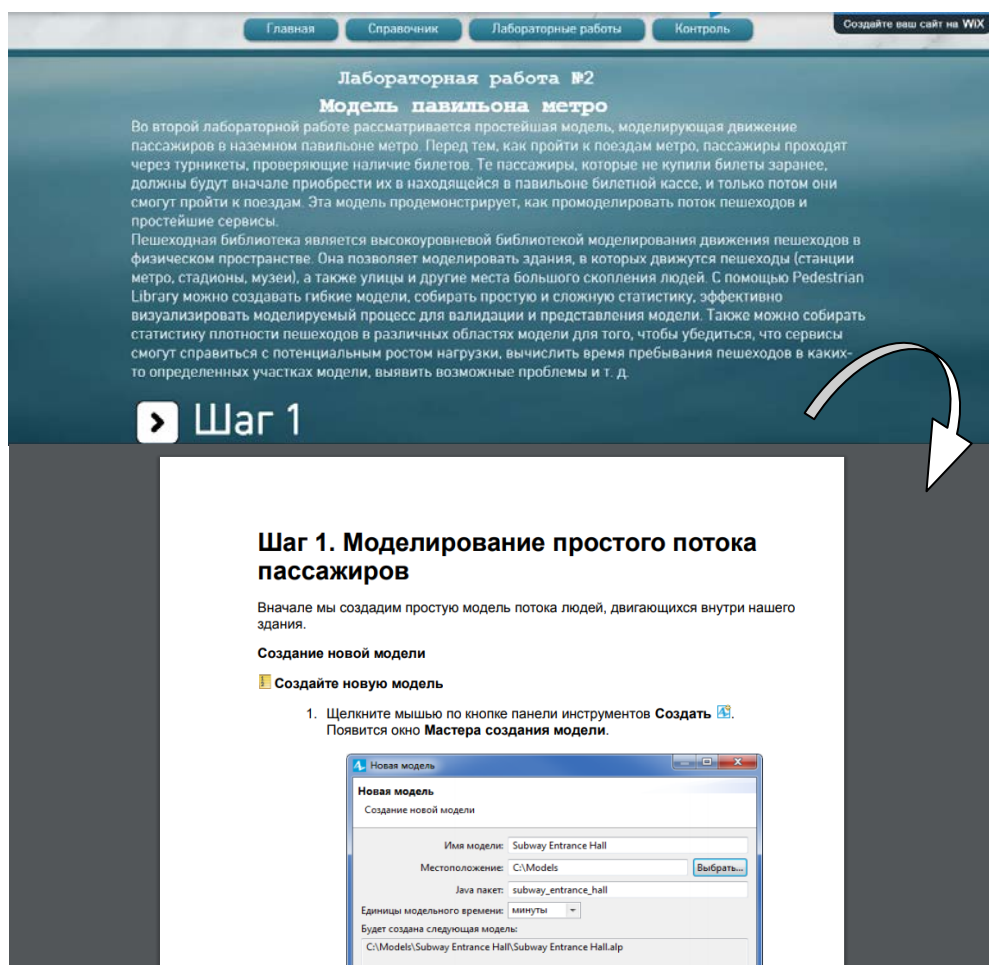


Рисунок 16—Навигация лабораторных работ на фрагменте «Модель павильона метро»

## 2.3 Инструкции по использованию лабораторного практикума

### 2.3.1 Инструкции по использованию лабораторного практикума для преподавателя

Использование лабораторного практикума для организации лабораторно-практических занятий может проходить согласно ниже приведенной схеме.

Изучение теоретических материала рекомендуется выносить на внеаудиторное время в качестве домашнего задания.

Перед выполнением лабораторной работы рекомендуется организовывать прохождение входного контроля по изученному теоретическому материалу.

Некоторые лабораторные работы содержат исследовательские задания.

Возможность использования электронного учебного пособия на лабораторно-практических занятиях представлена на рисунке 17.

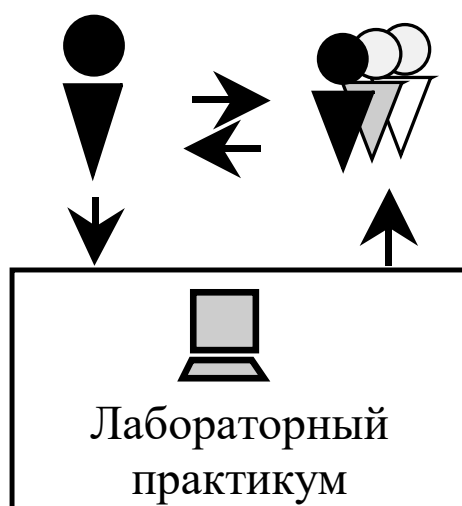


Рисунок 17—Использование лабораторного практикума на лабораторно-практических занятиях

Возможность использования лабораторного практикума в процессе самообучения представлена на рисунке 18.

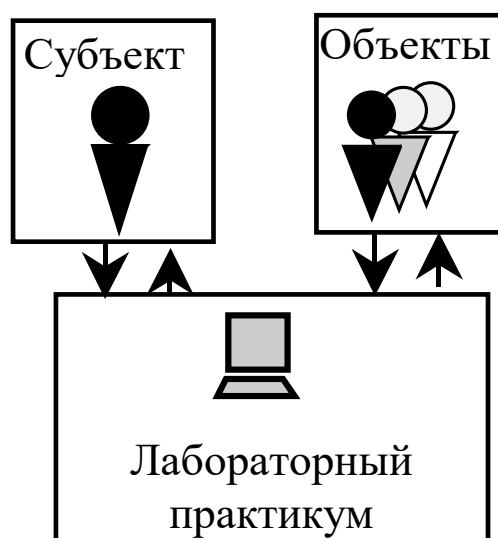


Рисунок 18—Использование лабораторного практикума в процессе обучения для дистанционной и заочной форм обучения

Использование лабораторного практикума для организации самостоятельной работы обучающихся будет проходить по следующей схеме.

Если обучающиеся изучают раздел самостоятельно вне учебного заведения, то необходим доступ в интернет. Для удобства можно воспользоваться полной или мобильной версией сайта.

Деятельность преподавателя носит консультирующий характер (обучающиеся консультируются с преподавателем по вызвавшим затруднения вопросам). Разработанный лабораторный практикум является открытым, то есть преподаватель имеет возможность вносить изменения в его содержание, дополнять.

### **2.3.2 Инструкции по использованию лабораторного практикума для обучающегося**

#### **Общие рекомендации**

При работе с лабораторным практикумом пособием руководствуйтесь следующими инструкциями:

1. Расположитесь перед включенным компьютером.

2. Откройте ярлык «ЛПAnyLogic».
3. Если текст лабораторного практикума для Вас слишком мелкий или Вы желаете уменьшить размер текста, воспользуйтесь возможностью браузера изменять размер шрифта.
4. Перейдите на страницу «Главная». Ознакомьтесь с указаниями.
5. Нажмите кнопку «Приступим». Вы окажетесь в справочнике ознакомьтесь с информацией.
6. В справочнике откройте «Основные понятия».
7. Ознакомьтесь с интерфейсом в разделе «Пользовательский интерфейс».
8. Приступите к выполнению лабораторных работ.

**При самостоятельном обучении (обучении без консультирования преподавателем)**

1. Следуйте гиперссылкам внутри страниц. Они составлены таким образом, чтобы организовать последовательность процесса обучения.
2. Перед выполнением лабораторной работы рекомендуется изучить соответствующий теоретический материал.
3. Сохраняйте все выполненные Вами задания и созданные файлы. Рекомендуется для каждой лабораторной работы создавать отдельную папку на диске.

**При изучении раздела с консультированием преподавателем**

1. Следуйте указаниям преподавателя.
2. Перед выполнением лабораторных работ рекомендуется изучить теоретический материал.
3. Изучение теоретического материала рекомендуется проводить во внеаудиторное время.
4. Во время аудиторных занятий, имея возможность проконсультироваться у преподавателя, рекомендуется выполнять лабораторные работы.

5. Сохраняйте все выполненные Вами задания и созданные файлы. Рекомендуется для каждой лабораторной работы создавать отдельную папку на диске.

6. При возникновении вопросов или трудностей при выполнении заданий проконсультируйтесь у преподавателя. Если это невозможно (работаете во внеаудиторное время), запишите свой вопрос и, по возможности, выполняйте следующее задание (например, перейдите к другому теоретическому блоку).

7. По окончании выполнения лабораторной работы продемонстрируйте преподавателю выполненные Вами задания. Ответьте на вопросы преподавателя, относительно хода выполнения заданий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие информационных технологий существенным образом уменьшило роль географического пространства как одного из основных препятствий для получения качественного высшего образования. При возможности выхода в глобальную сеть Интернет, электронные учебные пособия стали легкодоступными, их можно просматривать и получать консультации по их изучению, физически находясь на удаленном расстоянии от библиотеки и преподавателей вуза. Таким образом, внедрение и использование электронных учебных пособий способствует процессу диверсификации контингента студентов вузов и является эффективным средством повышения качества получаемых студентами знаний, а также образовательного уровня выпускников вузов.

Компьютерное моделирование широко используется как средство познания действительности, проектирования и обучения. Ежегодно миллионы долларов расходуются на изучение сложной природы социальных взаимодействий. Найти ответы на социальные вопросы всегда нелегко как для корпораций, которые стремятся к популярности среди ключевых демографических групп, так и для государства. Успешность заказчиков таких исследований напрямую зависит от результатов, которые не всегда дают достоверное представление о реальности.

Такие методы как фокус-группа или целевые социологические исследования ограничены в возможностях и им не хватает гибкости. Часто результаты подобных исследований приводят к выводам, которые отстают от изменений в системе. Тем не менее, решение существует.

Имитационное моделирование AnyLogic даёт исключительную свободу в изучении взаимодействий, порождающих проблемы современного общества. Популяцию виртуальных агентов, смоделированную на основе реальных данных, можно использовать для прогнозирования урбанизации региона

или изучения эффективности действующей политики здравоохранения. AnyLogic поможет в поиске ответов на важные вопросы и получении необходимых результатов.

В рамках дипломной работы создан лабораторный практикум «Имитационное моделирование систем на платформе AnyLogic», который включает:

1. Лабораторные работы — раздел включает в себя шесть лабораторных работы:

- «Модель банка (Процессный подход)»;
- «Модель павильона метро (Пешеходы)»;
- «Модель обслуживания турбин (Агентный подход)»;
- «Диффузия по Бассу (Системная динамика)»;
- «Модель перекрестка (Дорожное движение)»;
- «Сортировочная горка (Моделирование ж/д узла)»;
- «Модель банковского отделения», «Модель павильона метро».

2. Раздел «Справочник» содержит три теоретических подраздела:

- пользовательский интерфейс AnyLogic—основные компоненты окна программы;
- основные понятия — кратко изложена теоретическая информация, которая может понадобиться для понимания изучаемой темы.

3. Раздел «Контроль». включает в себя тридцать вопросов по всем лабораторным работам

В лабораторном практикуме приведены инструкции по использованию лабораторного практикума, основные возможности среды моделирования.

Проанализировав библиографические данные, посвященные теме «Имитационное моделирование систем в AnyLogic», была собрана и систематизирована информация по данной теме. В дальнейшем она была использована в качестве наполнения лабораторного практикума.

Сопоставление результатов работы с поставленными задачами позволяет заключить следующее:

1. Проанализированы федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика [7] и по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям) (уровень бакалавриата) [8], а также рабочие программы дисциплин «Имитационное моделирование экономических процессов» и «Математическое моделирование» для определения места и объема темы «Имитационное моделирование систем в AnyLogic» в учебном процессе.

2. Проанализирована методическая литература и интернет-источники с целью выделения требований, предъявляемых к электронным учебным пособиям на современном этапе развития образования.

3. Проанализирована литература и интернет-источники по теме исследования с целью отбора информации для разработки лабораторных работ.

4. Разработаны лабораторные работы.

5. Реализован лабораторный практикум в электронном виде

6. Реализован лабораторный практикум в виде pdf-документов.

7. Разработаны инструкции по использованию лабораторного практикума для преподавателей и обучающихся.

Таким образом, поставленные задачи можно считать полностью выполненными, а цель достигнутой.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Балыкина Е.Н. Сущностные характеристики электронных учебных изданий [Электронный ресурс].— Режим доступа:<https://history.krsu.edu.kg>(дата обращения: 05.01.2018).
2. Башмаков А.И. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем [Текст]: учебник / А. И. Башмаков, И. А. Башмаков.— Москва: «Филинь», 2015. — 616 с.
3. Безвенко Е.В., Влазнева А.Е. Средства новых информационных технологий — СНИТ. Электронные учебники: за и против [Электронный ресурс].— Режим доступа:<http://www.image.website.ru/> (дата обращения: 05.01.2018).
4. БорщевА.Р. От системной динамики и традиционного имитационного моделирования — к практическим агентным моделям: причины, технология, инструменты [Электронный ресурс]. — Режим доступа:<http://www.gpss.ru/paper/borshevarc.pdf/> (дата обращения: 04.01.2018).
5. Глоссарий [Электронный ресурс].— Режим доступа:<http://www.glossary.ru/>(дата обращения: 05.01.2018).
6. Головин Н. Моделирование обработки заданий для ЭВМ в среде моделирования AnyLogic 8.[Текст] / Н. Головин //RESEARCHand-TECHNOLOGY-STEPintotheFUTURE. — 2017. — №4. С.15–18.
7. Государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика (уровень бакалавриата) [Электронный ресурс]. — Режим доступа:<http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/090303.pdf>(дата обращения: 04.12.2017).
8. Государственный образовательный стандарт высшего образования. по направлению 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям) (уровень бакалавриата) [Электронный ресурс]. — Режим доступа:<http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/440304.pdf>(дата обращения: 04.12.2017).

9. Емельянов А. А. Имитационное моделирование экономических процессов [Текст]: учебник / А. А. Емельянов, Е. А. Власов, Р. В. Дума. — Москва: Финансы и статистика, 2002. — 368 с.
10. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 8[Текст]: учебник / Ю.Г. Карпов. — Санкт-Петербург, 2017. — 400 с.
11. Карпов Ю.Г. Моделирование агентов — новая парадигма в имитационном моделировании [Электронный ресурс]. — Режим доступа:<http://www.mas.exponenta.ru/>(дата обращения: 05.01.2018).
12. Колесов Ю. Компьютерное моделирование в научных исследованиях и образовании [Текст] / Ю. Колесов, Ю. Сениченков// Математика в приложениях. — 2015. — №1. С. 4–11.
13. Красильникова В.А., Шалкина Т.Н. Разработка и использование электронного учебного пособия для организации учебной деятельности студентов [Электронный ресурс]. — Режим доступа:<http://www.orenport.ru> (дата обращения: 05.01.2018).
14. Кустов А.И. Имитационное моделирование в экономике: учебное пособие [Текст]: учебное пособие / А. И. Кустов. — Воронеж: Научная книга, 2007. — 224 с.
15. Максимов А.И. Построение имитационных моделей в инструментальных средах AnyLogic и Rao-Studio[Текст] / А.И. Максимов // Естественные и технические науки — 2007. — №6. С. 24–27.
16. ООО «Экс ДжейТекнолоджис» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.xjtek.ru/>(дата обращения: 02.01.2018).
17. Положение о разработке электронных учебных изданий в Красноярском государственном педагогическом университете им. В. П. Астафьева [Электронный ресурс]. — Режим доступа:<http://www.kspu.ru/> (дата обращения: 05.01.2018).

18. Рабочая программа дисциплины «Математическое и имитационное моделирование» [Текст]. — Екатеринбург: Рос, гос. проф.-пед. ун-т, 2016. — 16 с.
19. Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование» [Текст]. — Екатеринбург: Рос, гос. проф.-пед. ун-т, 2015. — 10 с.
20. Рыжиков Ю.И. Имитационно моделирование: теория и практика [Текст]: учебник / Ю. И. Рыжиков. — Москва: Альтекс, 2016. — 350 с.
21. Снетков Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов. [Текст]: учебно-практическое пособие / Н. Н. Снетков. — Москва: ЕАОИ, 2008. — 228 с.
22. Современные теории имитационного моделирования. Специальный курс лекций для магистров второго курса [Электронный ресурс].— Режим доступа: [window.edu.ru](http://window.edu.ru)(дата обращения: 05.01.2018).
23. Суслов А.С. Бизнес — это поле для экспериментов [Текст] / А. С. Суслов // Рациональное управление предприятием. — 2009. — №4. С. 12–14.
24. Тумай К. Имитационное моделирование бизнес-процессов. Как отображаются процессы при моделировании [Электронный ресурс]. — Режим доступа:<http://www.olap.ru/> (дата обращения: 02.01.2018).
25. Царев Г.О. Среда визуального моделирования AnyLogic и ее применение в исследовании социально-экономических систем [Электронный ресурс]. — Режим доступа:<http://www.exponenta.ru/educat/> (дата обращения: 05.01.2018).
26. Шишкин А.А. Методические указания к разработке электронных учебных ресурсов для системы дистанционного обучения [Текст]: учебник / А. А. Шишкин, М.П. Аверина. — Воронеж: Воронеж. гос.техн. ун-т, 2015. — 20 с.
27. Штерман Дж. Бизнес-процессы: Системное мышление и моделирование сложного мира [Электронный ресурс].— Режим доступа:<http://www.xjtek.ru/> (дата обращения: 02.01.2018).

28. Эрганова Н. Е. Основы методики профессионального обучения [Текст]: учебное пособие/ Н. Е. Эрганова. — Екатеринбург: Урал. гос. проф.-пед. ун-т, 2015. — 138 с.

29. Юрчук С. Ю. Компьютерное моделирование нанотехнологий, наноматериалов и наноструктур: моделирование наносистем методами молекулярной динамики[Текст]:курс лекций / С. Ю. Юрчук. — Москва: МИСиС, 2013. — 47 с.

30. Яковлев С. А. Моделирование систем [Текст]: учебное пособие / С. А Яковлев.— Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет ЛЭТИ имени В.И. Ульянова (Ленина) (г. Санкт-Петербург), 2014. — 343 с.

# ПРИЛОЖЕНИЕ

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Российский государственный профессионально-педагогический университет»**

Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра информационных систем и технологий  
направление 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)  
профиль «Информатика и вычислительная техника»  
профилизация «Компьютерные технологии»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Н. С. Толстова

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017г.

## ЗАДАНИЕ

### на выполнение выпускной квалификационной работы бакалавра

студентки 4 курса, группы ЗКТ-401С Халиуллиной Альбины Азатовны.

1. Тема Лабораторный практикум “Имитационное моделирование систем на платформе Anylogic”

утверждена распоряжением по институту от \_\_\_\_\_ г. № \_\_\_\_\_

2. Руководитель Сулова Ирина Александровна, канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры ИС ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет»

3. Место преддипломной практики ГАПОУ СО «Екатеринбургский экономико-технологический колледж»

4. Исходные данные к ВКР встроенная справка платформы Anylogic

5. Содержание текстовой части ВКР (перечень подлежащих разработке вопросов)

Проанализировать федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика и по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям) (уровень бакалавриата) с целью определения места и объема рассматриваемой темы в учебном процессе.

Проанализировать требования, предъявляемые к составлению электронных учебных пособий, с целью формирования педагогически обоснованных критериев.

Проанализировать различные источники по созданию моделей в среде AnyLogic, с целью отбора и компоновки учебного материала для наполнения лабораторных работ.

Реализовать лабораторный практикум и разработать инструкции по его использованию для преподавателей и обучающихся.

6. Перечень демонстрационных материалов  
презентация

электронный лабораторный практикум

## 7. Календарный план выполнения выпускной квалификационной работы

№ п/п	Наименование этапа ВКР	Срок выполнения этапа	Процент выполнения ВКР	Отметка руководителя о выполнении
1	Сбор информации по выпускной работе и сдача зачета по преддипломной практике	02.12.2016	15	
2	Выполнение работ по разрабатываемым вопросам их изложение в выпускной работе:			
	Разработать лабораторные работы	15.12.2017	20	
	Реализовать лабораторный практикум	20.12.2017	15	
	Обеспечить навигационные переходы между лабораторными работами	30.12.2017	15	
	Разработать инструкции	05.01.2018	15	
3	Оформление текстовой части ВКР	08.01.2018	5	
4	Выполнение демонстрационных материалов к ВКР	10.01.2018	5	
5	Нормоконтроль	12.01.2018	5	
6	Подготовка доклада к защите в ГЭК	13.01.2018	5	

## 8. Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Наименование раздела	Консультант	Задание выдал		Задание принял	
		подпись	дата	подпись	дата

Руководитель \_\_\_\_\_ 10.11.17 Задание получил \_\_\_\_\_ 10.11.17  
подпись дата подпись студента дата

9. Выпускная квалификационная работа и все материалы проанализированы. Считаю возможным допустить Халиуллину А.А. к защите выпускной квалификационной работы в государственной экзаменационной комиссии.

Руководитель \_\_\_\_\_ 17.01.2018  
подпись дата

10. Допустить Халиуллину А.А. к защите выпускной квалификационной работы в государственной экзаменационной комиссии (протокол заседания кафедры от . .2018 № )

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

подпись    дата